

POWERED BY **Dialog****MAGNETO-RESISTANCE EFFECT ELEMENT AND THIN FILM MAGNETIC HEAD USING THE SAME****Publication Number:** 2000-216456 (JP 2000216456 A) , August 04, 2000**Inventors:**

- HASEGAWA NAOYA
- SAITO MASAJI
- OMINATO KAZUYA
- YAMAMOTO YUTAKA
- MAKINO TERUHIRO

Applicants

- ALPS ELECTRIC CO LTD

Application Number: 2000-046350 (JP 200046350)**Application Number:** 11-113411**Application Number:** JP 99113411 , August 24, 1998**Priority:**

- 09-309406 [JP 97309406], JP (Japan), October 22, 1997

International Class:

- H01L-043/08
- G11B-005/39
- H01F-010/32

Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To increase an anti-corrosion property and generate a large exchange anisotropic magnetic field by setting a composition ratio of a specified alloy from which an antiferromagnetic layer disposed under a fixed magnetic layer is formed within a specified range.

SOLUTION: An antiferromagnetic layer 4 formed below a free magnetic layer 1 is formed under a fixed magnetic layer 3. A composition ratio of an element X" of an X"-Mn alloy used for the antiferromagnetic layer 4 is between 44 and 57 at%. When the antiferromagnetic layer 4 is formed under the fixed magnetic layer 3, if a composition ratio of the element X" of the X"-Mn alloy used for the antiferromagnetic layer 4 is between 44 and 57 at%, an exchange anisotropic magnetic field of 400(Oe) or above can be obtained. COPYRIGHT: (C)2000,JPO

JAPIO

© 2002 Japan Patent Information Organization. All rights reserved.

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テマコード(参考)

H 0 1 L 43/08

H 0 1 L 43/08

Z

G 1 1 B 5/39

G 1 1 B 5/39

H 0 1 F 10/32

H 0 1 F 10/32

審査請求 有 請求項の数11 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2000-46350(P2000-46350)
 (62) 分割の表示 特願平11-113411の分割
 (22) 出願日 平成10年8月24日(1998.8.24)

(31) 優先権主張番号 特願平9-309406
 (32) 優先日 平成9年10月22日(1997.10.22)
 (33) 優先権主張国 日本(J P)

(71) 出願人 000010098
 アルプス電気株式会社
 東京都大田区雪谷大塚町1番7号
 (72) 発明者 長谷川 直也
 東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプ
 ス電気株式会社内
 (72) 発明者 斎藤 正路
 東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプ
 ス電気株式会社内
 (74) 代理人 100085453
 弁理士 野▲崎▼ 照夫

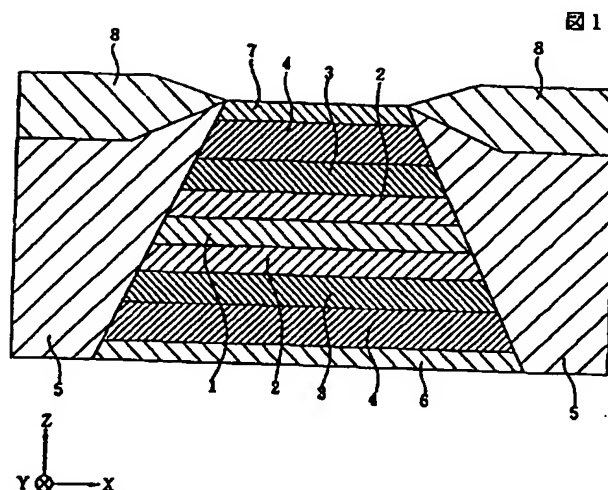
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁気抵抗効果素子、ならびに、前記磁気抵抗効果素子を用いた薄膜磁気ヘッド

(57) 【要約】

【目的】 従来、反強磁性層としてNiMn合金を使用していたが、前記NiMn合金では、耐食性が悪化するという問題があった。

【構成】 反強磁性層4は $X''-Mn$ (X'' は白金族元素の中から2種以上) で形成され、あるいは $X-Mn-X'$ (X は白金族元素の中から1種以上、 X' は希ガス元素など) で形成されることにより、耐食性を向上でき、しかもより大きな交換異方性磁界を得ることが可能になる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 フリー磁性層の上下に積層された非磁性導電層と、一方の前記非磁性導電層の上および他方の非磁性導電層の下に位置する固定磁性層と、一方の前記固定磁性層の上および他方の固定磁性層の下に接して、交換異方性磁界によりそれぞれの固定磁性層の磁化方向を一定の方向に固定する反強磁性層と、前記フリー磁性層の磁化方向を前記固定磁性層の磁化方向と交叉する方向に揃えるバイアス層とを有し、

前記反強磁性層は、 $X''-Mn$ （ただし X'' は、Pt, Pd, Ir, Rh, Ru, Osのうちいずれか2種以上の元素である）で形成されており、

一方の前記固定磁性層の上に位置する前記反強磁性層を形成する $X''-Mn$ 合金の X'' の組成比は $a\%$ で、 $47\sim 57$ の範囲内であり、

他方の前記固定磁性層の下に位置する反強磁性層を形成する $X''-Mn$ 合金の X'' の組成比は $a\%$ で、 $44\sim 57$ の範囲内であることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項2】 前記一方の固定磁性層の上に位置する前記反強磁性層を形成する $X''-Mn$ 合金の X'' の組成比は $a\%$ で、 $50\sim 56$ の範囲内であり、

前記他方の固定磁性層の下に位置する反強磁性層を形成する $X''-Mn$ 合金の X'' の組成比は $a\%$ で、 $46\sim 55$ の範囲内である請求項1に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項3】 前記反強磁性層として用いられる $X''-Mn$ 合金の元素 X'' はPtである請求項1または2に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項4】 フリー磁性層の上下に積層された非磁性導電層と、一方の前記非磁性導電層の上および他方の非磁性導電層の下に位置する固定磁性層と、一方の前記固定磁性層の上および他方の固定磁性層の下に接して、交換異方性磁界によりそれぞれの固定磁性層の磁化方向を一定の方向に固定する反強磁性層と、前記フリー磁性層の磁化方向を前記固定磁性層の磁化方向と交叉する方向に揃えるバイアス層とを有し、 $X-Mn-X'$ 合金（ただし X は、Pt, Pd, Ir, Rh, Ru, Osのうちいずれか1種または2種以上の元素であり、前記元素 X' は、Ne, Ar, Kr, Xe, Be, B, C, N, Mg, Al, Si, P, Ti, V, Cr, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, Zr, Nb, Mo, Ag, Cd, Ir, Sn, Hf, Ta, W, Re, Au, Pb、及び希土類元素のうち1種または2種以上の元素である）で形成されており、

一方の前記固定磁性層の上に位置する前記反強磁性層を形成する $X-Mn-X'$ 合金の $X+X'$ の組成比は $a\%$ で、 $47\sim 57$ の範囲内であり、

他方の前記固定磁性層の下に位置する反強磁性層を形成する $X-Mn-X'$ 合金の $X+X'$ の組成比は $a\%$

で、 $44\sim 57$ の範囲内であることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項5】 前記一方の固定磁性層の上に位置する前記反強磁性層を形成する $X-Mn-X'$ 合金の $X+X'$ の組成比は $a\%$ で、 $50\sim 56$ の範囲内であり、前記他方の固定磁性層の下に位置する反強磁性層を形成する $X-Mn-X'$ 合金の $X+X'$ の組成比は $a\%$ で、 $46\sim 55$ の範囲内である請求項4に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項6】 前記元素 X' は、Ne, Ar, Kr, Xeのうち1種または2種以上の元素である請求項4または5に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項7】 前記反強磁性層として用いられる $X-Mn-X'$ 合金の元素 X はPtである請求項4ないし6のいずれかに記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項8】 前記元素 X' の組成比は $a\%$ で、 $0.2\sim 10$ の範囲内である請求項4ないし7のいずれかに記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項9】 前記元素 X' の組成比は $a\%$ で、 $0.5\sim 5$ の範囲内である請求項8記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項10】 前記反強磁性層として用いられる $X-Mn-X'$ 合金は、スパッタ法により形成される請求項4ないし9のいずれかに記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項11】 請求項1ないし10のいずれかに記載された磁気抵抗効果素子の上下にギャップ層を介してシールド層が形成されていることを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、耐食性を向上でき、しかもより大きい交換異方性磁界を得られるようにした交換結合膜を用いた磁気抵抗効果素子ならびに、前記磁気抵抗効果素子を用いた薄膜磁気ヘッドに関する。

【0002】

【従来の技術】スピンバルブ型薄膜素子は、巨大磁気抵抗効果を利用したGMR (giant magnetoresistive) 素子の1種であり、ハードディスクなどの記録媒体からの記録磁界を検出するものである。

【0003】このスピンバルブ型薄膜素子は、GMR素子の中でも比較的構造が単純で、しかも弱い磁界で抵抗が変化するなど、いくつかの優れた点を有している。

【0004】前記スピンバルブ型薄膜素子は、最も単純な構造で、反強磁性層、固定磁性層、非磁性導電層およびフリー磁性層から成る。

【0005】前記反強磁性層と固定磁性層とは接して形成され、前記反強磁性層と固定磁性層との界面にて発生する交換異方性磁界により、前記固定磁性層の磁化方向は一定方向に単磁区化され固定される。

【0006】フリー磁性層の磁化は、その両側に形成さ

れたバイアス層により、前記固定磁性層の磁化方向と交叉する方向に揃えられる。

【0007】前記反強磁性層にはFe-Mn（鉄-マンガン）合金膜、またはNi-Mn（ニッケル-マンガン）合金膜、固定磁性層及びフリー磁性層にはNi-Fe（ニッケル-鉄）合金膜、非磁性導電層にはCu（銅）膜、またバイアス層にはCo-Pt（コバルト-白金）合金膜などが一般的に使用されている。

【0008】このスピンバルブ型薄膜素子では、ハードディスクなどの記録媒体からの漏れ磁界により、前記フリー磁性層の磁化方向が変動すると、固定磁性層の固定磁化方向との関係で電気抵抗が変化し、この電気抵抗値の変化に基づく電圧変化により、記録媒体からの洩れ磁界が検出される。

【0009】ところで、前述したように、反強磁性層には、Fe-Mn合金膜やNi-Mn合金膜が用いられるが、Fe-Mn合金膜は、耐食性が低く、また交換異方性磁界が小さく、さらにブロッキング温度が150℃程度と低くなっている。ブロッキング温度が低いことで、ヘッドの製造工程中やヘッド動作中における素子温度の上昇により、交換異方性磁界が消失してしまうという問題が発生する。

【0010】これに対し、Ni-Mn合金膜は、Fe-Mn合金膜に比べて、交換異方性磁界が比較的大きく、しかもブロッキング温度が約300℃と高い。従って反強磁性層には、Fe-Mn合金膜よりもNi-Mn合金膜を用いる方が好ましい。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】 前述したように、Ni-Mn合金は、比較的交換異方性磁界が大きく、またブロッキング温度も約300℃と高くなっており、従来のFeMn合金に比べて優れた特性を有しているが、耐食性に関しては、FeMn合金と同じ様に、充分であるとはいえなかった。

【0012】本発明は上記従来の課題を解決するためのものであり、特に、耐食性を向上させることができ、しかも、より大きな交換異方性磁界を発生させることが可能な交換結合膜を用いた磁気抵抗効果素子、ならびに前記磁気抵抗効果素子を用いた薄膜磁気ヘッドに関する。

【0013】

【課題を解決するための手段】 本発明の磁気抵抗効果素子は、フリー磁性層の上下に積層された非磁性導電層と、一方の前記非磁性導電層の上および他方の非磁性導電層の下に位置する固定磁性層と、一方の前記固定磁性層の上および他方の固定磁性層の下に接して、交換異方性磁界によりそれぞれの固定磁性層の磁化方向を一定の方向に固定する反強磁性層と、前記フリー磁性層の磁化方向を前記固定磁性層の磁化方向と交叉する方向に揃えるバイアス層とを有し、前記反強磁性層は、 X'' -Mn（ただし X'' は、Pt, Pd, Ir, Rh, Ru, Os

のうちいずれか2種以上の元素である）で形成されており、一方の前記固定磁性層の上に位置する前記反強磁性層を形成する X'' -Mn合金の X'' の組成比はat%で、47～57の範囲内であり、他方の前記固定磁性層の下に位置する反強磁性層を形成する X'' -Mn合金の X'' の組成比はat%で、44～57の範囲内であることを特徴とするものである。

【0014】本発明では、前記一方の固定磁性層の上に位置する前記反強磁性層を形成する X'' -Mn合金の X'' の組成比はat%で、50～56の範囲内であり、前記他方の固定磁性層の下に位置する反強磁性層を形成する X'' -Mn合金の X'' の組成比はat%で、46～55の範囲内であることが好ましい。

【0015】このように本発明では、白金族元素（Pt, Pd, Ir, Rh, Ru, Os）の中から2種以上の元素を選択し、前記白金族元素とMnとから成る反強磁性層を使用することにより、従来、反強磁性層として使用されていたNi-Mn合金等に比べ、耐食性を向上させることができ、しかもより大きな交換異方性磁界を発生させることができる。従って、前記固定磁性層の磁化を一定方向に強固に固定することが可能となり、従来に比べて優れた再生特性を得ることが可能となっている。

【0016】上記のように、 X'' -Mn合金で形成される反強磁性層を強磁性層の上に形成するか下に形成するかによって、全体に占める白金族元素の組成比を変えることで、より大きな交換異方性磁界を得ることが可能である。

【0017】前記反強磁性層として用いられる X'' -Mn合金の元素 X'' はPtであることが好ましい。

【0018】また、本発明の磁気抵抗効果素子は、フリー磁性層の上下に積層された非磁性導電層と、一方の前記非磁性導電層の上および他方の非磁性導電層の下に位置する固定磁性層と、一方の前記固定磁性層の上および他方の固定磁性層の下に接して、交換異方性磁界によりそれぞれの固定磁性層の磁化方向を一定の方向に固定する反強磁性層と、前記フリー磁性層の磁化方向を前記固定磁性層の磁化方向と交叉する方向に揃えるバイアス層とを有し、 X -Mn- X' 合金（ただし X は、Pt, Pd, Ir, Rh, Ru, Osのうちいずれか1種または2種以上の元素であり、前記元素 X' は、Ne, Ar, Kr, Xe, Be, B, C, N, Mg, Al, Si, P, Ti, V, Cr, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, Zr, Nb, Mo, Ag, Cd, Ir, Sn, Hf, Ta, W, Re, Au, Pb、及び希土類元素のうち1種または2種以上の元素である）で形成されており、一方の前記固定磁性層の上に位置する前記反強磁性層を形成する X -Mn- X' 合金の $X+X'$ の組成比はat%で、47～57の範囲内であり、他方の前記固定磁性層の下に位置する反強磁性層を形成する X -M

$n-X'$ 、合金の $X+X'$ の組成比は $at\%$ で、 $44\sim 57$ の範囲内であることを特徴とするものである。

【0019】本発明では、前記一方の固定磁性層の上に位置する前記反強磁性層を形成する $X-Mn-X'$ 合金の $X+X'$ の組成比は $at\%$ で、 $50\sim 56$ の範囲内であり、前記他方の固定磁性層の下に位置する反強磁性層を形成する $X-Mn-X'$ 合金の $X+X'$ の組成比は $at\%$ で、 $46\sim 55$ の範囲内であることが好ましい。

【0020】上記のように本発明では、白金族元素から選ばれた少なくとも1種の元素 X と Mn とで構成される反強磁性材料に、元素 X と Mn で構成される結晶格子の隙間に元素 X' を侵入させ、あるいは元素 X と Mn で構成される結晶格子の格子点の一部を元素 X' に置換させることにより、さらに大きな交換異方性磁界を得ることが可能になる。元素 X' を含有させることにより、より大きな交換異方性磁界が得られるのは、反強磁性層の格子定数を、元素 X' を添加しない場合に比べ大きくできるからであると考えられる。また前記 $X-Mn-X'$ 合金は、耐食性にも優れている。

【0021】また、上記のように、 $X-Mn-X'$ 合金で形成される反強磁性層を強磁性層の上に形成するか下に形成するかによって、全体に占める $X+X'$ の組成比を変えることで、より大きな交換異方性磁界を得ることが可能である。

【0022】本発明では、前記元素 X' は、 Ne 、 Ar 、 Kr 、 Xe のうち1種または2種以上の元素であることが好ましい。

【0023】また、本発明では、前記反強磁性層として用いられる $X-Mn-X'$ 合金の元素 X は Pt であることが好ましい。

【0024】なお本発明では、前記元素 X' の組成比は $at\%$ で、 $0.2\sim 10$ の範囲内であることが好ましく、より好ましくは前記元素 X' の組成比は $at\%$ で、 $0.5\sim 5$ の範囲内である。

【0025】上記条件によって反強磁性層を形成することにより、反強磁性層と強磁性層との界面で発生する交換異方性磁界を飛躍的に大きくできることが、後述する実験によって確認されている。

【0026】また本発明では、前記反強磁性層として用いられる $X-Mn-X'$ 合金は、スパッタ法により形成されることが好ましい。スパッタ法によって成膜された $X-Mn-X'$ 合金は、膜中の元素 X' が置換型あるいは侵入型で固溶した状態となっている。

【0027】また本発明における薄膜磁気ヘッドは、前述した磁気抵抗効果素子の上下にギャップ層を介してシールド層が形成されていることを特徴とするものである。

【0028】

【発明の実施の形態】図1は、本発明の実施形態のデュアルスピンバルブ型薄膜素子の構造をABS面側から見

た断面図である。なお、図1では X 方向に延びる素子の中央部分のみを破断して示している。

【0029】このデュアルスピンバルブ型薄膜素子は、ハードディスク装置に設けられた浮上式スライダのトレーリング側端部などに設けられて、ハードディスクなどの記録磁界を検出するものである。なお、ハードディスクなどの磁気記録媒体の移動方向は Z 方向であり、磁気記録媒体からの洩れ磁界の方向は Y 方向である。

【0030】図に示すように、下から Ta などからなる下地層6、反強磁性層4、固定磁性層3、非磁性導電層2、およびフリー磁性層1が連続して積層されている。さらに前記フリー磁性層1の上には、非磁性導電層2、固定磁性層3、反強磁性層4、および保護層7が連続して積層されている。

【0031】また、下地層6から保護層7までの多層膜の両側にはハードバイアス層5、5、導電層8、8が積層されている。

【0032】本発明では前記フリー磁性層1および固定磁性層3が、 $NiFe$ 合金、 $CoFe$ 合金、 Co 合金、 Co 、 $CoNiFe$ 合金などにより形成されている。

【0033】なお図1に示すようにフリー磁性層1は一層で形成されているが、これが多層構造で形成されてもよい。つまり、前記フリー磁性層1が、例えば $NiFe$ 合金と $CoFe$ 合金とが積層された構造となってもよいし、 $NiFe$ 合金と Co とが積層された構造でもよい。

【0034】前記フリー磁性層1と固定磁性層3との間に介在する非磁性導電層2は、 Cu で形成されている。さらに、ハードバイアス層5、5は、例えば $Co-Pt$ （コバルト-白金）合金や $Co-Cr-Pt$ （コバルト-クロム-白金）合金などで形成されており、導電層8、8は、 Cu （銅）や W （タングステン）、 Cr （クロム）などで形成されている。

【0035】本発明では、固定磁性層3の上または下に形成されている反強磁性層4は、 $X''-Mn$ 合金（ただし X'' は、 Pt 、 Pd 、 Ir 、 Rh 、 Ru 、 Os のいずれか2種以上の元素である）で構成される反強磁性材料によって形成されている。本発明における反強磁性層4として用いられる $X''-Mn$ 合金は、従来から反強磁性層として使用されている $FeMn$ 合金、 $NiMn$ 合金などに比べて耐食性に優れており、またブロッキング温度も高く、さらに交換異方性磁界（ Hex ）が大きいなど反強磁性材料として優れた特性を有している。

【0036】図1に示すように、フリー磁性層1よりも下側に形成されている反強磁性層4は、固定磁性層3の下に形成されており、前記反強磁性層4として用いられる $X''-Mn$ 合金の元素 X'' の組成比は $at\%$ で、 $44\sim 57$ の範囲内であり、好ましくは $X''-Mn$ 合金の元素 X'' の組成比は $at\%$ で、 $46\sim 55$ の範囲内である。

【0037】反強磁性層4が固定磁性層3の下に形成される場合、反強磁性層4として用いられる X'' -Mn合金の元素 X'' の組成比がat%で44~57の範囲内であると、400(Oe)以上の交換異方性磁界を得ることが可能である。また、 X'' -Mn合金の元素 X'' の組成比がat%で46~55の範囲内であると、600(Oe)以上の交換異方性磁界を得ることが可能である。

【0038】また、フリー磁性層1よりも上側に形成されている反強磁性層4は、固定磁性層3の上に形成されており、前記反強磁性層4として用いられる X'' -Mn合金の元素 X'' の組成比はat%で、47~57の範囲内であり、好ましくは X'' -Mn合金の元素 X'' の組成比はat%で、50~56の範囲内である。

【0039】反強磁性層4が固定磁性層3の上に形成される場合、 X'' -Mn合金の元素 X'' の組成比の組成比がat%で、47~57の範囲内であると、400(Oe:エルステッド)以上の交換異方性磁界を得ることが可能である。また X'' -Mn合金の元素 X'' の組成比はat%で、50~56の範囲内であると、600(Oe)以上の交換異方性磁界を得ることが可能である。

【0040】この組成範囲内であれば、熱処理前における固定磁性層3の格子定数と反強磁性層4の格子定数との差を大きくすることができるので、熱処理前における界面構造を非整合状態にすることができ、従って熱処理を施すことにより、界面での前記反強磁性層4の一部の結晶構造を不規則格子から交換異方性磁界を発揮するのに必要な規則格子に変態させることが可能である。

【0041】界面構造が整合状態にあると、熱処理を施しても、前記反強磁性層4の結晶構造が、不規則格子から規則格子に変態しにくく、従って交換異方性磁界が得られないという問題が生じる。

【0042】なお前記反強磁性層4がPtMn合金で形成される場合、熱処理後における前記反強磁性層4の格子定数 a 、 c の比 c/a は、0.93~0.99の範囲内であることが好ましい。

【0043】本発明では、図1に示す固定磁性層3と反強磁性層4との界面構造は、非整合状態となっており、また界面における前記反強磁性層4の少なくとも一部の結晶構造は、 $L1_0$ 型の面心正方格子(以下、規則格子という)となっている。

【0044】ここで、 $L1_0$ 型の面心正方格子とは、単位格子の6面のうち、側面の4面の中心を X'' 原子($X''=Pt, Pd, Ir, Rh, Ru, Os$ のうちいずれか2種以上)が占め、単位格子の隅、および上面および下面の中心にMn原子が占めるものをいう。

【0045】また本発明では、固定磁性層3と反強磁性層4との結晶配向が異なっていることが、固定磁性層3と反強磁性層4との界面構造が、非整合状態になりやすい点で好ましい。

【0046】また本発明では、 X -Mn合金(ただし X は、Pt, Pd, Ir, Rh, Ru, Osのうちいずれか1種または2種以上の元素である)に、第3元素として元素 X' を添加することにより、反強磁性層4の格子定数を大きくでき、熱処理前における反強磁性層4と固定磁性層3との界面構造を非整合状態にすることが可能である。

【0047】 X -Mn合金に元素 X' を加えた X -Mn- X' 合金は、元素 X とMnとで構成される空間格子の隙間に元素 X' が侵入した侵入型固溶体であり、あるいは、元素 X とMnとで構成される結晶格子の格子点の一部が、元素 X' に置換された置換型固溶体である。ここで固溶体とは、広い組成範囲にわたって、均一に成分が混ざり合った固体のことを指している。なお本発明では元素 X はPtであることが好ましい。

【0048】ところで本発明では前記 X -Mn- X' 合金をスパッタ法により成膜している。スパッタによって、前記 X -Mn- X' 合金は非平衡状態で成膜され、成膜された X -Mn- X' 合金は、膜中の元素 X' が、元素 X とMnとで構成される空間格子の隙間に侵入し、あるいは、元素 X とMnとで構成される結晶格子の格子点の一部が、元素 X' に置換される。このように、前記元素 X' が、 X -Mn合金の格子に侵入型あるいは置換型で固溶することにより、格子は押し広げられ、反強磁性層4の格子定数は、元素 X' を添加しない場合に比べ大きくなる。

【0049】また本発明では、元素 X' として様々な元素を使用することが可能であるが、反応性の高いハロゲンやO(酸素)等を使用すると、これらがMnとのみ選択的に化学結合してしまい、面心立方晶の結晶構造を保てなくなると考えられ好ましくない。本発明における具体的な元素 X' は、Ne, Ar, Kr, Xe, Be, B, C, N, Mg, Al, Si, P, Ti, V, Cr, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, Zr, Nb, Mo, Ag, Cd, Ir, Sn, Hf, Ta, W, Re, Au, Pb、及び希土類元素(Sc, Yとランタノイド(La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu))のうち1種または2種以上の元素である。

【0050】上記に示した様々な元素 X' のいずれを使用しても、スパッタによって、反強磁性層4の格子定数を大きくできるが、特に置換型で固溶する元素 X' を使用する場合は、前記元素 X' の組成比が大きくなりすぎると、反強磁性としての特性が低下し、固定磁性層3との界面で発生する交換結合磁界が小さくなってしまふ。

【0051】特に本発明では、侵入型で固溶し、不活性ガスの希ガス元素(Ne, Ar, Kr, Xeのうち1種または2種以上)を元素 X' として使用することが好ましいとしている。希ガス元素は不活性ガスなので、希ガス元素が、膜中に含有されても、反強磁性特性に大きく

影響を与えることがなく、さらに、Arなどは、スパッタガスとして従来からスパッタ装置内に導入されるガスであり、ガス圧やスパッタ粒子のエネルギーを適正に調節するのみで、容易に、膜中にArを侵入させることができる。

【0052】なお、元素X' にガス系の元素を使用した場合には、膜中に多量の元素X' を含有することは困難であるが、希ガスの場合においては、膜中に微量侵入させるだけで、熱処理によって発生する交換結合磁界を、飛躍的に大きくできることが実験により確認されている。

【0053】なお、反強磁性層4として使用されるX-Mn-X' 合金の元素X' が例えばガス系の元素である場合には、熱処理を施すことにより、前記元素X' が膜中から抜け出て、成膜された段階での元素X' の組成比よりも、熱処理後の元素X' の組成比は小さくなり、あるいは完全に前記X' が膜中から抜け出してしまって、組成がX-Mnになってしまうことがあるが、成膜段階（熱処理前）における固定磁性層3と反強磁性層4との界面構造が非整合状態となっていれば、熱処理を施すことにより、前記反強磁性層4の結晶構造は、不規則格子（面心立方格子）から規則格子に適性に変態し、大きい交換異方性磁界を得ることが可能である。

【0054】なお、フリー磁性層1よりも下側に形成されている反強磁性層4の場合、前記反強磁性層4として用いられるX-Mn-X' 合金のX+X' の組成比はat%で44~57の範囲内であり、好ましくはX-Mn-X' 合金のX+X' の組成比はat%で、46~55の範囲内である。

【0055】また、フリー磁性層1よりも上側に形成されている反強磁性層4の場合、前記反強磁性層4として用いられるX-Mn-X' 合金のX+X' の組成比はat%で、47~57の範囲内であり、好ましくはX-Mn-X' 合金のX+X' の組成比はat%で、50~56の範囲内である。

【0056】上記組成範囲内であれば、熱処理前における固定磁性層3の格子定数と反強磁性層4の格子定数との差を大きくすることができ、熱処理前における界面構造を非整合状態にすることができ、従って熱処理を施すことにより、界面での前記反強磁性層4の一部の結晶構造を不規則格子から交換異方性磁界を発揮するのに必要な規則格子に変態させることが可能である。

【0057】また反強磁性層4がX-Mn-X' 合金で形成される場合は、元素X' の組成比は、at%で、0.2~10の範囲内であり、より好ましい組成範囲はat%で、0.5~5の範囲内である。

【0058】元素X' の組成比を、上記範囲内で調整すれば、成膜段階（熱処理前）における反強磁性層4の格子定数を大きくでき、しかも熱処理を施すことにより反強磁性層4と固定磁性層3との界面で発生する交換結合

磁界を、元素X' を含有しない場合に比べ、大きくすることが可能である。

【0059】また元素XとMnとの組成比の割合X:Mnは、4:6~6:4の範囲内であることが好ましい。

【0060】なおこのデュアルスピンバルブ型薄膜素子では、固定磁性層3は、交換異方性磁界により、図示Y方向に単磁区化され固定されており、フリー磁性層1の磁化は、ハードバイアス層5、5の影響を受けて図示X方向に揃えられている。

【0061】導電層8からフリー磁性層1、非磁性導電層2および固定磁性層3に定常電流が与えられ、しかも記録媒体からY方向へ磁界が与えられると、フリー磁性層1の磁化は図示X方向からY方向に変動し、このとき非磁性導電層2とフリー磁性層1との界面、および非磁性導電層2と固定磁性層3との界面でスピンに依存した伝導電子の散乱が起こることにより、電気抵抗が変化し、記録媒体からの漏れ磁界が検出される。

【0062】図1に示すデュアルスピンバルブ型薄膜素子では、伝導電子の散乱が起こる場所が、非磁性導電層2とフリー磁性層1との2箇所の界面と、非磁性導電層2と固定磁性層3との2箇所の界面の計4箇所であるため、シングルスピンバルブ型薄膜素子に比べて大きい抵抗変化率を得ることが可能である。

【0063】以上詳述したように、本発明では、反強磁性層4をX"-Mn合金（ただしX"は、Pt, Pd, Ir, Rh, Ru, Osのうちいずれか2種以上の元素である）、好ましくはPtMn合金で形成する際に、前記反強磁性層4の組成比を適性に調節することにより、前記反強磁性層4と、この反強磁性層4と接して形成される固定磁性層3との界面構造を非整合状態とすることができ、従ってより大きな交換異方性磁界を得られ、従来に比べて再生特性を高めることが可能である。あるいは、前記反強磁性層4を元素X（ただしXは、Pt, Pd, Ir, Rh, Ru, Osのうちいずれか2種以上の元素である）とMn以外に、第3元素として元素X'（ただしX'は、Ne, Ar, Kr, Xe, Be, B, C, N, Mg, Al, Si, P, Ti, V, Cr, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, Zr, Nb, Mo, Ag, Cd, Ir, Sn, Hf, Ta, W, Re, Au, Pb、及び希土類元素のうち1種または2種以上の元素である）を添加することにより、前記元素X' を添加しない場合に比べ、反強磁性層4の格子定数を大きくすることができるので、前記反強磁性層4と、この反強磁性層4と接して形成される固定磁性層3との界面構造を非整合状態とすることができ、従ってより大きな交換異方性磁界を得ることができ、従来に比べて再生特性を高めることが可能である。

【0064】また反強磁性層4と固定磁性層3との結晶配向を異なるようにしておくことが、より界面構造を非整合状態にしやすくて好ましい。

【0065】また反強磁性層4と固定磁性層3との結晶配向を異なるようにしておくことが、より界面構造を非整合状態にしやすくて好ましい。

【0065】また界面構造を非整合状態としておくことで交換異方性磁界を得ることができるのは、熱処理を施すことにより、前記反強磁性層4の結晶構造を不規則格子から規則格子に変態させることができるからであるが、すべての結晶構造が規則格子に変態すると密着性などに問題が生じるため、一部の結晶構造のみが規則格子に変態していることが好ましい。例えば前記反強磁性層4がPtMn合金で形成される場合、熱処理後における前記反強磁性層4の格子定数 a 、 c の比 c/a は、0.93~0.99の範囲内であることが好ましい（ちなみにすべての結晶構造が規則格子に変態した場合、前記格子定数 a 、 c の比 c/a は0.918である）。

【0066】図2は、図1に示す磁気抵抗効果素子層が形成された読み取りヘッドの構造を記録媒体との対向面側から見た断面図である。

【0067】符号20は、例えばNiFe合金などで形成された下部シールド層であり、この下部シールド層20の上に下部ギャップ層21が形成されている。また下部ギャップ層21の上には、図1に示す磁気抵抗効果素子層22が形成されており、さらに前記磁気抵抗効果素子層22の上には、上部ギャップ層23が形成され、前記上部ギャップ層23の上には、NiFe合金などで形成された上部シールド層24が形成されている。

【0068】前記下部ギャップ層21及び上部ギャップ層23は、例えばSiO₂やAl₂O₃（アルミナ）などの絶縁材料によって形成されている。図2に示すように、下部ギャップ層21から上部ギャップ層23までの長さがギャップ長G1であり、このギャップ長G1が小さいほど高記録密度化に対応できるものとなっている。

【0069】

【実施例】本発明では、反強磁性層をPt—Mn—X'（X' = Ar）合金で形成し、元素X'量と、Pt—Mn—X'合金の格子定数との関係について調べた。実験に使用した膜構成は下から、Si基板／アルミナ／Ta（50）／Co₉₀Fe₁₀（30）／Pt—Mn—X'（300）／Ta（100）である。なお括弧内の数値は膜厚を表しており、単位はオングストロームである。

【0070】反強磁性層の成膜は、スパッタ装置内に、PtとMnとの割合が6：4、1：1、及び4：6となる3種類のターゲットを用意し、各ターゲットを用いて、元素X'となるArの導入ガス圧を変化させながら、DCマグネトロンスパッタ及びイオンビームスパッタによって、Pt—Mn—X'（X' = Ar）合金膜を形成した。そして、Pt—Mn—X'（X' = Ar）合金膜中に占めるX'（X' = Ar）量と、Pt—Mn—X'（X' = Ar）の格子定数との関係について測定した。その実験結果を図3に示す。

【0071】図3に示すように、PtとMnとの組成比の割合が、6：4、1：1、及び4：6のいずれかの場合においても、元素X'（X' = Ar）量が大きくなる

ことにより、Pt—Mn—X'（X' = Ar）の格子定数は大きくなることがわかる。なお固定磁性層として用いられるNiFe合金、CoFe合金、またはCoの格子定数は、図3に示すように、約3.5~3.6の範囲である。またこの実験では、元素X'（X' = Ar）量を4at%程度までとし、それ以上大きい含有量の場合について実験を試みていないが、これは、元素X'となるArはガス元素であるために、ガス圧を上げて、膜中にArを含有しにくいことによるものである。

10 【0072】次に、上述の実験に使用したPt—Mn—X'（X' = Ar）合金膜に対し、以下に記載する熱処理工程を施した。熱処理工程における条件としては、まず昇温に3時間をかけ、次に240度の温度状態を3時間保持し、さらに、降温に3時間をかけた。なお、熱処理真空度を 5×10^{-6} Torr以下とした。

【0073】図4は、Pt—Mn—X'（X' = Ar）合金膜の元素X'（X' = Ar）量と、前記熱処理によって、反強磁性層と固定磁性層との界面に発生した交換結合磁界の大きさとの関係を示すグラフである。

20 【0074】図4に示すように、元素X'（X' = Ar）量が大きくなると、交換結合磁界は大きくなっていることがわかる。すなわち、元素X'（X' = Ar）をPtMnに添加すれば、元素X'（X' = Ar）を添加しない場合に比べて大きい交換結合磁界を得ることが可能である。

【0075】次に本発明では、別の元素X'を用いて、反強磁性層をPt—Mn—X'（X' = Mo）合金で形成し、元素X'（X' = Mo）量と、Pt—Mn—X'（X' = Mo）合金膜の格子定数との関係について調べた。実験に使用した膜構成は下から、Si基板／アルミナ／Ta（50）／Co₉₀Fe₁₀（30）／Pt—Mn—X'（300）／Ta（100）である。なお括弧内の数値は膜厚を表しており、単位はオングストロームである。

【0076】反強磁性層の成膜には、PtMnのターゲットに元素X'（X' = Mo）のチップを貼り合わせた複合型ターゲットを用意し、ターゲットに占めるチップの面積比を変化させながら、膜中に占める元素X'（X' = Mo）量を変化させて、前記元素X'（X' = Mo）量とPt—Mn—X'（X' = Mo）合金の格子定数との関係について測定した。その実験結果を図5に示す。

40 【0077】図5に示すように、PtとMnとの組成比の割合が6：4、1：1、4：6のいずれかの場合においても、膜中に占める元素X'（X' = Mo）の濃度が大きくなるほど、Pt—Mn—X'（X' = Mo）の格子定数は大きくなることがわかる。なお固定磁性層として用いられるNiFe合金、CoFe合金、またはCoの格子定数は、図5に示すように、約3.5~3.6の範囲である。

50 【0078】図6に示すように、PtとMnとの組成比の割合が6：4、1：1、4：6のいずれかの場合においても、元素X'（X' = Ar）量が大きくなる

【0078】次に、上記実験で使用したPt-Mn-X' (X' = Mo) 合金膜に対し、以下に記載する熱処理工程を施した。熱処理工程における条件としては、まず昇温に3時間をかけ、次に240度の温度状態を3時間保持し、さらに、降温に3時間をかけた。なお、熱処理真空度を 5×10^{-6} Torr以下とした。

【0079】図6は、Pt-Mn-X' (X' = Mo) 合金膜の元素X' (X' = Mo) の濃度と、前記熱処理によって、反強磁性層と固定磁性層との界面に発生した交換結合磁界の大きさとの関係を示すグラフである。

【0080】図6に示すように、PtとMnとの組成比の割合が、6:4、1:1、4:6のいずれの場合であっても、膜中の元素X' (X' = Mo) 量が約3 at%以上になれば、交換結合磁界は徐々に低下していくことがわかる。特に、膜中の元素X' (X' = Mo) 量が約10 at%以上になると、PtとMnとの組成比の割合が1:1の場合であっても、交換結合磁界は非常に小さくなってしまい好ましくない。

【0081】ところで、元素X' (X' = Mo) の適性な含有量であるが、少なくとも、前記元素X' (X' = Mo) を含有しない場合、すなわち、元素X' (X' = Mo) 量が0 at%のときよりも、交換結合磁界が大きくなるのが好ましい。

【0082】Pt:Mnの組成比の割合が、6:4の場合は、元素X' (X' = Mo) 量が、約1 at%以下であれば、元素X' (X' = Mo) 量が0 at%のときよりも、交換結合磁界が大きくなる。

【0083】また、Pt:Mnの組成比の割合が、1:1の場合は、元素X' (X' = Mo) 量が、約7 at%以下であれば、元素X' (X' = Mo) 量が0 at%のときよりも、交換結合磁界が大きくなる。

【0084】さらに、Pt:Mnの組成比の割合が、4:6の場合は、元素X' (X' = Mo) 量が、約10 at%以下であれば、元素X' (X' = Mo) 量が0 at%のときよりも、交換結合磁界が大きくなる。

【0085】次に、元素X' (X' = Mo) の適性な含有量の下限であるが、Pt:Mnの組成比の割合が、6:4の場合、元素X' (X' = Mo) 量が、約0.5 at%になると、交換結合磁界が最も大きくなるので、そこで本発明では、元素X' (X' = Mo) 量が、0.5 at%よりも小さい0.2 at%を下限として設定した。

【0086】以上の実験結果から本発明では、元素X' の組成比の好ましい範囲をat%で0.2から10とした。またより好ましい範囲をat%で0.5から5とした。

【0087】

【発明の効果】以上詳述した本発明によれば、前記反強磁性層をX'-Mn合金（ただしX' は、Pt, Pd, Ir, Rh, Ru, Osのうちいずれか2種以上の元素

である）で形成することにより、従来のようにNi-Mn合金等を反強磁性層に使用していた場合に比べ、耐食性を向上させることができ、さらに、より大きい交換異方性磁界を得ることが可能となっている。

【0088】あるいは本発明では、元素X'（ただしX' は、Ne, Ar, Kr, Xe, Be, B, C, N, Mg, Al, Si, P, Ti, V, Cr, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, Zr, Nb, Mo, Ag, Cd, Ir, Sn, Hf, Ta, W, Re, Au, Pb、及び希土類元素のうち1種または2種以上の元素である）を、X-Mn合金膜（ただしXはPt, Pd, Ir, Rh, Ru, Osのうちいずれか1種または2種以上の元素である）中に、侵入型、あるいは置換型で固溶させることにより、さらに大きい交換異方性磁界を得ることが可能となっている。

【0089】以上のように、大きな交換異方性磁界を得ることが可能な交換結合膜を磁気抵抗効果素子に適用することにより、耐食性を向上させることができ、しかも前記磁気抵抗効果素子層の抵抗変化率を高めることができ、再生特性を向上させることが可能となっている。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態のデュアルスピンバルブ型薄膜素子の構造をABS面側から見た断面図、

【図2】本発明における薄膜磁気ヘッドを記録媒体との対向面側から見た断面図、

【図3】反強磁性層をPt-Mn-X' (X' = Ar) で形成した場合における元素X' (X' = Ar) 量と前記反強磁性層の格子定数との関係を示すグラフ、

【図4】反強磁性層をPt-Mn-X' (X' = Ar) で形成した場合における元素X' (X' = Ar) 量と交換結合磁界との関係を示すグラフ、

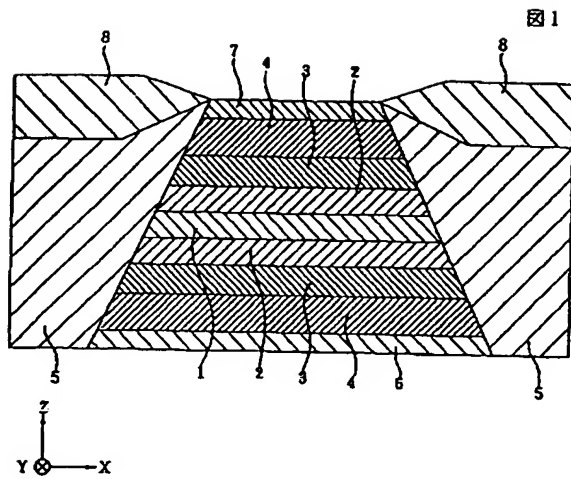
【図5】反強磁性層をPt-Mn-X' (X' = Mo) で形成した場合における元素X' (X' = Mo) 量と前記反強磁性層の格子定数との関係を示すグラフ、

【図6】反強磁性層をPt-Mn-X' (X' = Mo) で形成した場合における元素X' (X' = Mo) 量と交換結合磁界との関係を示すグラフ、

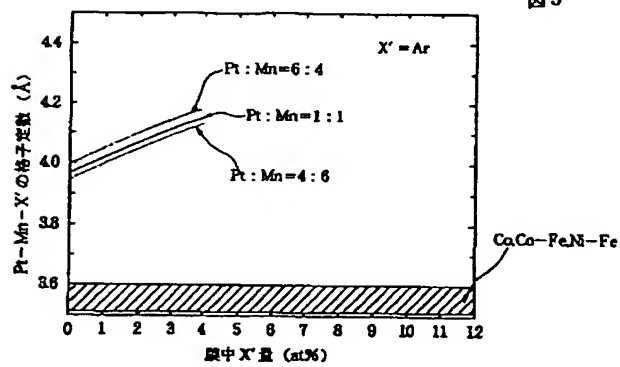
【符号の説明】

- 1 フリー磁性層
- 2 非磁性導電層
- 3 固定磁性層
- 4 反強磁性層
- 5 ハードバイアス層
- 6 下地層
- 7 保護層
- 8 導電層
- 20 下部シールド層
- 21 下部ギャップ層
- 22 磁気抵抗効果素子層
- 23 上部ギャップ層

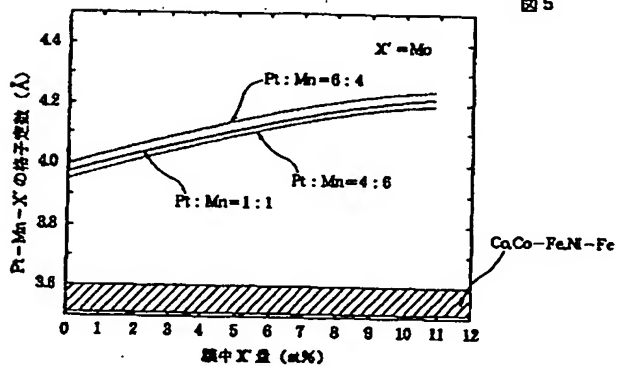
【図1】



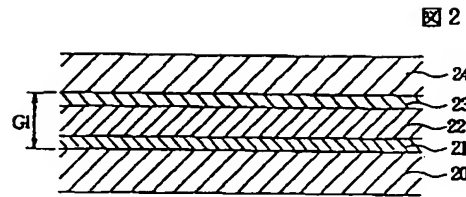
【図3】



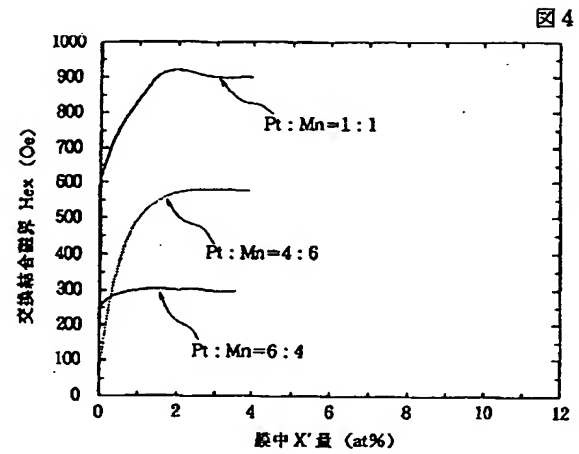
【図5】



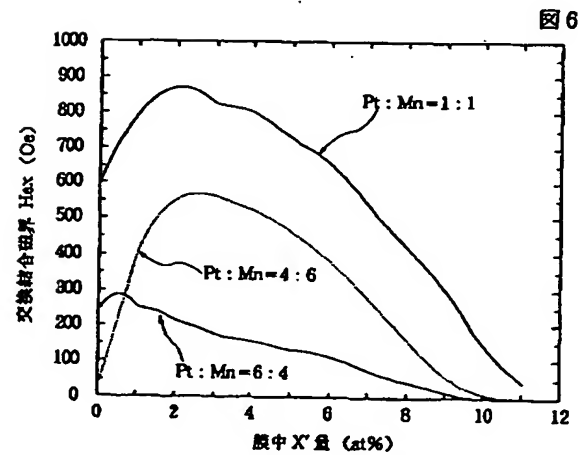
【図2】



【図4】



【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 大湊 和也
東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプ
ス電気株式会社内

(72)発明者 山本 豊
東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプ
ス電気株式会社内
(72)発明者 牧野 彰宏
東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプ
ス電気株式会社内